

UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE – UNESC

CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - BACHARELADO

RODRIGO GOMES MARCELO

ENTOMOFAUNA TERRESTRE EM CULTIVO DE *Brassica oleracea* L. E *Lactuca sativa* L. EM SISTEMA AGROFLORESTAL EM RIO FORTUNA, SUL DE SANTA CATARINA, SUL DO BRASIL.

CRICIÚMA

2020

RODRIGO GOMES MARCELO

ENTOMOFAUNA TERRESTRE EM CULTIVO DE *Brassica oleracea* L. E *Lactuca sativa* L. EM SISTEMA AGROFLORESTAL EM RIO FORTUNA, SUL DE SANTA CATARINA, SUL DO BRASIL.

Trabalho de Conclusão de Curso para
obtenção de grau no Curso de Ciências
Biológicas da Universidade do Extremo Sul
Catarinense, UNESC.

Orientadora: Prof^a. MSc Mainara Figueiredo
Cascaes

CRICIÚMA, SC

2020

BANCA EXAMINADORA

Prof. Mainara Figueiredo Cascaes (Orientadora)
Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC

Prof. Dr. Jairo José Zocche
Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC

Prof. Dr. Fernando Carvalho
Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC

AGRADECIMENTOS

Principalmente a minha mãe que me deu força e incentivo para os estudos e me acompanhou nesta jornada, sempre me apoiando nas escolhas.

Ao meu grande amigo e colega de curso, Vitor Duarte Dal Pont, principalmente por auxiliar em laboratório com triagem e identificação e pela companhia durante a graduação.

A Mainara Figueiredo Cascaes pela oportunidade de fazer parte de uma pesquisa tão importante, por ter me acolhido em momentos difíceis e principalmente pela dedicação e conhecimento que recebi.

Ao Fernando Carvalho por dar espaço em seu laboratório para realizar as triagens e também pela ajuda nas análises de dados.

A Karolaine Porto Supi por ter auxiliado nas triagens e identificação dos organismos em laboratório.

A Tuane Bloemer e seus familiares que disponibilizaram todo o material para que eu pudesse levar em frente às pesquisas de iniciação científica que se tornaram o trabalho de conclusão de curso.

A Natália Brunelli pela ajuda nos ajustes do trabalho.

Todos aqueles que fizeram parte da minha jornada acadêmica e que são amigos que pretendo levar para a vida.

“De qualquer forma, é uma bagunça se não podemos desconectar o fato de que um mundo coberto de cabos nunca foi conectado para durar. Portanto, não fique tão surpreso quando o programa começar a falhar.”

Oliver Sykes

RESUMO

Nos últimos 70 anos a agricultura brasileira atingiu novos patamares, principalmente com a chegada de novas tecnologias que permitiram maior produtividade, mas com isso vieram problemas sociais e ambientais, principalmente pela monocultura e utilização de pesticidas. É neste âmbito que o sistema agroflorestal (SAF) é implantado, a fim de mitigar danos causados pela agricultura moderna. O SAF visa o manejo sustentável, gerando nichos ecológicos, ciclagem de nutrientes e incremento da matéria orgânica no solo, provendo o cultivo de boa qualidade que causa poucos impactos à natureza, pois considera os serviços ecossistêmicos. A influência do cultivo na presença da entomofauna se dá devido a estas condições ambientais favoráveis e no controle biológico realizado pelas espécies presentes. Os insetos são bioindicadores de qualidade de solo, principalmente se tratando daqueles com hábitos edáficos. O estudo teve como objetivo avaliar a composição da entomofauna edáfica em um sistema agroflorestal localizado na cidade de Rio Fortuna, sul de Santa Catarina. A área utilizada para as amostragens possui um hectare contendo uma linha de cultivo que abrange três canteiros agroflorestais. A amostragem ocorreu durante o período de um ano com uso de armadilhas de queda do tipo *pitfalls*. Alguns parâmetros foram utilizados para descrever a composição da entomofauna, sendo a análise de abundância das famílias, comparação entre estações, curva de acumulação de espécies e similaridade entre as estações. Os *pitfalls* foram dispostos em três linhas de cultivo com oito armadilhas em cada, totalizando 24 *pitfalls* por campanha. As armadilhas de queda permaneceram abertas durante três dias consecutivos, ao longo de oito semanas em cada uma das estações do ano, totalizando um esforço amostral de 2.304 *pitfalls*/ano. Foi amostrado o total de 27.993 indivíduos compreendidos em um Filo, um Subfilo, uma Classe, sete Ordens e 42 Famílias. Os grupos mais abundantes foram Collembola ($n = 16.673$), Staphylinidae ($n = 4.239$) e Formicidae ($n = 3.300$) com destaque para a primavera que foi a estação mais abundante, com 8.733 indivíduos amostrados. Os dados obtidos no estudo demonstram que o SAF gera nichos ecológicos que são capazes de manter a qualidade necessária para a entomofauna se estabelecer e manter o ciclo funcionando adequadamente.

Palavras-chave: Insetos edáficos, Collembola, Staphylinidae, Formicidae.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS.....	17
2.1. OBJETIVO GERAL	17
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3. MATERIAIS E MÉTODOS	18
3.1. ÁREA DE ESTUDO	18
3.2 PROTOCOLO DE AMOSTRAGEM	21
3.3 ANÁLISE DE DADOS	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	24
5. CONCLUSÃO	33
6. REFERÊNCIAS.....	34

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Mapa de Santa Catarina com destaque na estação de Permacultura Moinhos de Luz, situado em Rio Fortuna – Santa Catarina.....	14
Figura 2 – Canteiro do sistema agroflorestal com cultivo de <i>Lactuca sativa</i> L. e <i>Brassica oleracea</i> L.....	15
Figura 3 – Ilustração demonstrando a estratificação do sistema agroflorestal.....	16
Figura 4 - Armadilha de queda do tipo <i>pitfall</i> instalada rente ao solo.....	18
Figura 5 – Curva de acumulação de espécies coletadas durante as quatro estações do ano.....	23
Figura 6 – Gráfico demonstrando a abundância absoluta dos <i>taxa</i>	24
Figura 7 – Dendograma indicando a similaridade entre as estações do ano.....	28

1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui alto potencial de produção agrícola, atividade essa que vem crescendo principalmente nas últimas cinco décadas com o avanço de tecnologias (BACHA; ALVES, 2018). Segundo a EMBRAPA (2020), o Brasil se tornou um grande exportador de alimentos para o mundo e figura entre os principais países com produção no agronegócio, principalmente pelo vasto território que conta com áreas agricultáveis e disposição de água, aliado aos fatores naturais veio o conhecimento científico e a inovação que contou com assistência de políticas públicas e empreendedorismo. Porém, López (2002) assinala que com o crescimento do agronegócio, surgiu um dos grandes problemas que é a perda de florestas para dar lugar a campos de cultivo. O desmatamento dá origem a campos de plantio de forma expansiva e degradante (DEAN, 1996). O plantio, quando de longa duração, causa distúrbios na porosidade do solo, perda de nutrientes e contaminação por insumos químicos que conduzem a improdutividade do terreno (OLIVEIRA; VAZ; REICHARDT, 1995). Os investimentos em tecnologia e insumos para que haja maior lucro causam impactos ambientais (RODRIGUES, 1999). Embora a modernização tenha seus aspectos positivos como aumento de produção e rentabilidade, houve também aspectos negativos que geraram problemas sociais e ambientais, como o êxodo rural e desmatamento (GAVIOVICZ, 2011).

A alternativa que vem crescendo e agrega fatores como o controle biológico e o desuso de pesticidas é a implantação de sistema agroflorestal (SAF) (ARMANDO *et al.*, 2002). Segundo a legislação brasileira, o SAF é definido como um sistema que agrega espécies vegetais com hábitos arbóreas, herbáceos, arbustivos e espécies de interesse agrícola, buscando relacionar e diversificar as espécies em um mesmo local (BRASIL, 2009, 2010). Além disso, beneficia o solo através da ciclagem de nutrientes (FRANKE *et al.*, 1998) e é tido como mitigador de danos causados pela monocultura nos biomas do Brasil (KHATOUNIAN, 2001). O SAF tem sido adotado em diferentes regiões do Brasil e as comunidades de agrofloresteiros tem a percepção de que os métodos tradicionais de fazer agricultura trazem efeitos negativos, assim mitigam os impactos (STEENBOCK, 2004).

O manejo do SAF parte do princípio de que as plantas preferencialmente devem ter ciclo de vida semelhante, ocupem os vários estágios de sucessão,

possuam plantio de sementes em épocas diferentes para que algumas cresçam e outras fiquem em fase inicial de desenvolvimento para cobertura do solo, requerem podas ocasionais, destacando que o material oriundo da poda deve permanecer no solo (FROUFE; SEOANE, 2013). As atividades efetuadas no solo condicionam fatores propícios para a comunidade de macroinvertebrados, aumentando sua diversidade nesse ambiente (BARETTA *et al.*, 2011). Os invertebrados se destacam na estruturação do solo através da decomposição (CORREIA; OLIVEIRA, 2000), sendo que a composição do solo e a presença de insumos podem alterar a abundância e diversidade da fauna presente (ALVES *et al.*, 2008; MOÇO *et al.*, 2010).

A macrofauna edáfica é composta por diversos grupos, destacando-se os *taxa*: Coleoptera (besouros), Orthoptera (grilos), Heteroptera (percevejos), Blattodea (baratas), Hymenoptera (formigas) e Collembola (FREITAS, 2007). A classificação da macrofauna pode ser dividida em três grupos: as espécies epigéicas que vivem na superfície, as endogéicas que habitam outros estratos do solo e os anécicos que se movimentam entre superfície e os horizontes abaixo dela (CORDEIRO *et al.*, 2002). As espécies epigéicas são mais diversificadas por estarem presentes em solo com camadas encorpadas de matéria orgânica (CANTO, 1996). Segundo classificação de Correia *et al.* (1999), pode-se observar espécies que se alimentam de plantas despedaçadas e que são conhecidos como saprófagos, pertencentes aos grupos Blattodea, Dermaptera, Diplopoda e Isopoda. Os predadores Araneae e Hymenoptera se alimentam diretamente de outros organismos, enquanto os grupos Diptera, Coleoptera, Lepidoptera (grupos que incluem as larvas), Collembola, Formicidae e Isoptera atuam tanto como saprófagos como predadores. Destacam-se os grupos Collembola, Hymenoptera e Coleoptera que se desenvolvem nas dadas condições do SAF, principalmente pela presença da serrapilheira e restos da poda da cultura (FERREIRA e MARQUES 1998; MOÇO *et al.*, 2005; SILVA *et al.*, 2011). Espécies endogéicas como cupins da Subordem Isoptera (Blattodea) que se alimentam de detritos presentes no solo e são importantes por serem escavadores, podem ingerir solo de estratos com pouca matéria orgânica, de solos abaixo de 10 a 25 centímetros e do estrato superior rico em matéria orgânica. (LAVELLE *et al.*, 1992). Já os anecicos conforme Anderson (1993) são transportadores que movem

terra e detritos de camadas inferiores para a superior do solo, sendo geralmente os cupins, formigas e coleópteros.

Em estudo realizado por Silva *et al.* (2014) em SAF na região Norte do Brasil constaram ordens como Hymenoptera, Coleoptera, Orthoptera, Diptera, Blattodea e Hemiptera em seus resultados. Azevedo *et al.* (2011) em estudo realizado na região Nordeste do Brasil constataram a importância da associação de entomofauna na qualidade solo, principalmente se tratando de detritívoros que cooperam para aeração e recuperação de matéria orgânica em solo desgastados.

As contínuas pesquisas na área se fazem necessárias para compreender tais atributos, em Santa Catarina os estudos são escassos e geralmente estão ligados a recuperação de áreas degradadas.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

- Avaliar a composição dos *taxa* da entomofauna terrestre em SAF no município de Rio Fortuna, sul do Brasil.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

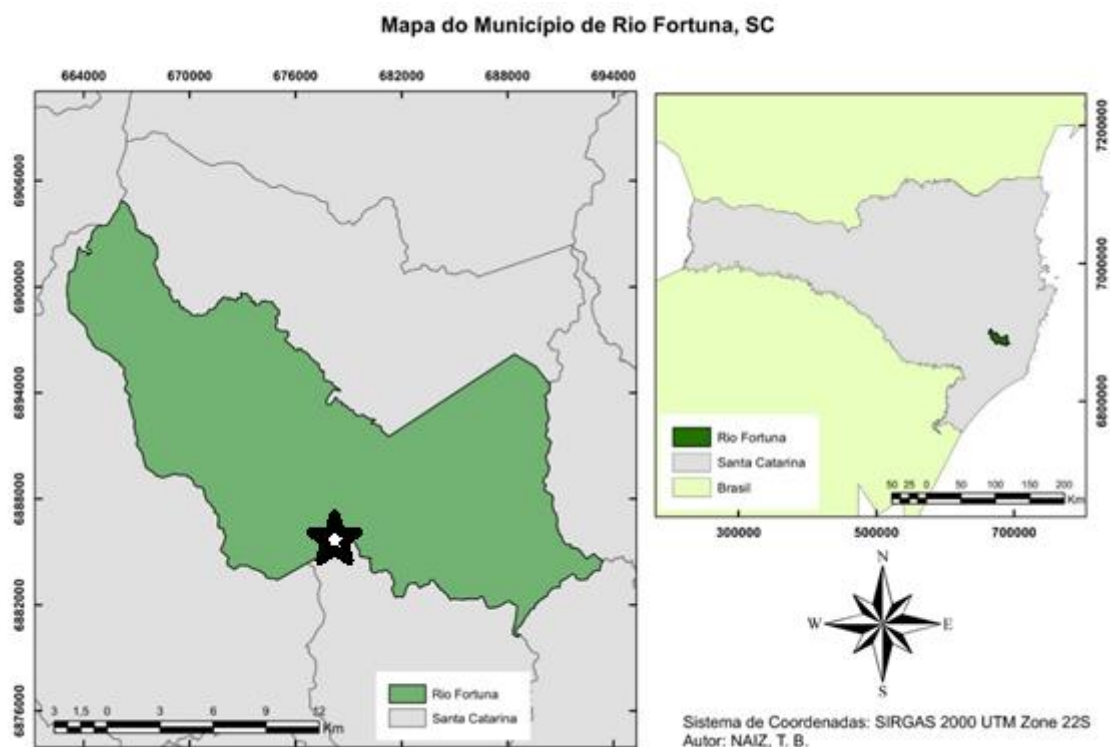
- Inventariar a entomofauna terrestre presente em SAF no município de Rio Fortuna, sul do Brasil;
- Analisar a distribuição da abundância da entomofauna terrestre em SAF no município de Rio Fortuna, sul do Brasil;
- Avaliar a variação temporal dos *taxa* da entomofauna terrestre em SAF no município de Rio Fortuna, sul do Brasil;
- Avaliar a similaridade da riqueza da entomofauna terrestre entre as estações em SAF no município de Rio Fortuna, sul do Brasil.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo foi realizado no município de Rio Fortuna ($28^{\circ} 8' 29''$ S e $49^{\circ} 6' 58''$ O) é localizado no sul de Santa Catarina (Figura 1), próximo da encosta da Serra Geral. O clima, segundo classificação de Köppen, é Cfa mesotérmico úmido, com verão quente e sem estação seca definida, com temperatura média anual de 20°C e precipitação anual média de 1400 mm (ALVARES *et al.*, 2013). A área de estudo está inserida no bioma Mata Atlântica, com formação de Floresta Ombrófila Densa Montana. (IBGE, 2012).

Figura 1: Mapa de Santa Catarina com destaque para o município de Rio Fortuna. Em destaque com o símbolo (★) se localiza a Estação de Permacultura Moinhos de Luz, local de realização das amostragens deste estudo.



Fonte: Bloemer, 2018.

A área de amostragem (Figura 2) é composta por aproximadamente sete hectares em propriedade agrícola na estação destinada a permacultura. O sistema de cultivo foi implantado na propriedade há cinco anos, contando com o plantio de alface e brócolis. Para as coletas, foi utilizado um hectare da área, composto por três canteiros em uma linha de cultivo de *Lactuca sativa* L. (alface) e *Brassica oleracea* L. (brócolis). Cada canteiro possui 60 metros de comprimento e um metro de largura, com espaço de 5,5 m das margens superior e inferior e espaçamento de sete metros entre si (Figura 3). Além disso, os canteiros abrigam espécies que possuem tempo de vida e tamanhos similares. A divisão dos três corredores é dada pela presença de *Citrus* spp. no estrato médio, *Musa acuminata* Colla e *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden no estrato superior.

Figura 2 – Canteiros do sistema agroflorestal, compostos pelo cultivo de *L. sativa* L. e *B. oleracea* L. na estação de Permacultura Moinhos de Luz, localizado em Rio Fortuna, Santa Catarina.

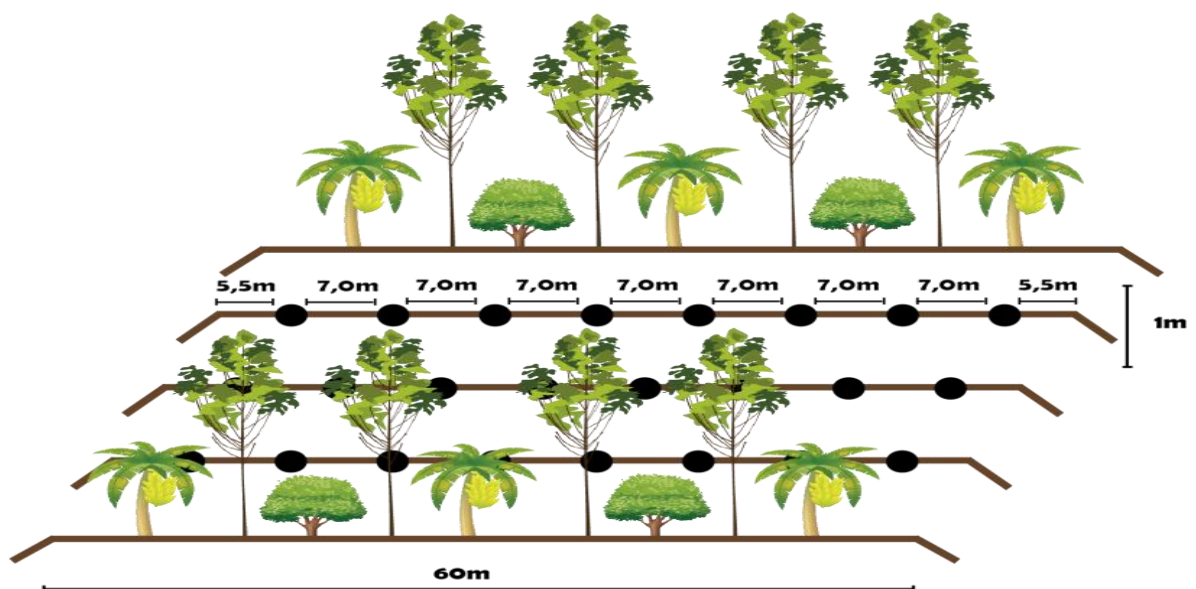


Fonte: Carvalho, 2017.

A área de cultivo passa por três etapas: a irrigação em épocas com menos chuva, adubação orgânica e o preparo para semeadura. Nas duas primeiras

semanas de cultivo, é realizada a retirada ervas daninha de forma manual. O manejo realizado nas entressafras é feito o revolvimento do solo e uso de adubos orgânicos livres de agentes químicos (BLOEMER, 2018).

Figura 3 – Esquema de estratificação representando a distribuição de *M. acuminata Colla* (bananeira), *E. grandis* W. Hill ex Maiden (eucalipto) e *Citrus* spp. no corredor agroflorestal do cultivo



Fonte: Bloemer, 2018

3.2 PROTOCOLO DE AMOSTRAGEM

As amostragens foram realizadas entre os meses de janeiro e novembro de 2017 com uso de armadilhas de queda do tipo *pitfall* instaladas no SAF, foram dispersas a cinco metros e meio da borda superior e inferior do canteiro e sete metros entre cada armadilha. Os *pitfalls* foram dispostos em três linhas de cultivo com oito armadilhas em cada, totalizando 24 *pitfalls* por campanha. As armadilhas de queda permaneceram abertas durante três dias consecutivos, ao longo de oito semanas em cada uma das estações do ano, totalizando um esforço amostral de 2.304 *pitfalls*/ano. As armadilhas foram inseridas rente ao solo utilizando copos plásticos de 500 ml contendo álcool 70%, água e gotas de detergente (Figura 4). Após a captura e armazenamento em recipientes com álcool, o material foi encaminhado ao Laboratório de Zoologia e Ecologia de Vertebrados (LABZEV) da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC). Em laboratório, o material foi triado e alocado em *eppendorfs* separados por semelhança morfológica e, posteriormente, identificados utilizando chave dicotômica.

Figura 4 – Armadilha de queda do tipo *pitfall* instaladas rente ao solo na Estação de Permacultura Moinhos de Luz, localizada em Rio Fortuna, Santa Catarina.



Fonte: Bloemer, 2017.

Para a triagem foram utilizadas placas de Petri para melhor disposição e visualização dos animais capturados, pinças para manuseio e, em casos de organismos muito pequenos, houve utilização de estéreomicroscópio. Após triagem de todo material, os animais foram identificados até o nível de Família, utilizando chave dicotômica e com o auxílio de guias ilustrados (MELO *et al.*, 2012; CASARI; IDE, 2012; SPERBER *et al.*, 2012).

3.3 ANÁLISE DE DADOS

Para descrever a composição da entomofauna edáfica foram utilizados atributos de riqueza, abundância absoluta. Para riqueza observada foi considerado o número de Famílias amostradas. Já para suficiência amostral foi utilizada curva do coletor de acumulação de espécies, construída pelo método de rarefação individual. A abundância foi obtida pelo número de indivíduos capturados de cada Família. Para os testes referentes à variação temporal e similaridade, em virtude do grande número de indivíduos capturados, a Ordem Collembola e as Famílias Staphylinidae (Coleoptera) e Formicidae (Hymenoptera) não foram consideradas na análise estatística, sendo consideradas apenas para as métricas de riqueza e padrão de abundância. Para verificar se houve diferença nos padrões de abundâncias das Famílias entre as estações foi utilizada análise de variância (ANOVA) de uma via. Havendo diferença, foi realizado o teste post hoc de Dunn para comparação par a par das estações, identificando-se assim, quais delas apresentam diferença. Essa análise foi realizada no *software* PAST (HAMMER *et al.*, 2001), adotando-se 0,05 como nível de significância. Para analisar a similaridade entre as estações foi construído um dendograma de similaridade utilizando o índice de Bray-Curtis. Essa análise também foi realizada no *software* PAST (HAMMER *et al.*, 2001). Para cada estação do ano foi construída uma curva do coletor pelo método de rarefação. Na análise de abundância absoluta, houve o agrupamento de *taxa* denominado “outros”, que correspondem aqueles que tiveram menos que 20 indivíduos coletados, sendo eles: Alydidae, Aphipoidea, Cicindelidae, Curculionidae, Cydnidae, Forficulidae, Gryllotalpidae, Histeridae, Hydrophilidae, Megalopodidae, Micromalthidae, Miridae, Nabidae, Passalidae, Schizopteridae e Tenebrionidae

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

No total foram capturados 27.993 indivíduos distribuídos em um filo, um subfilo, uma classe, sete ordens e 42 Famílias (Tabela 1).

Tabela 1 - Abundância das Famílias amostradas na estação de Permacultura Moinhos de Luz, durante as estações de verão, outono, inverno e primavera.

Taxa	Estação				Total
	Verão	Outono	Inverno	Primavera	
ARTHROPODA					
HEXAPODA					
Insecta					
BLATTODEA					
Blattidae	112	72	6	5	195
COLEOPTERA					
Carabidae	0	12	3	52	67
Cicindelidae	0	0	0	3	3
Noteridae	23	35	7	1	66
Micromalthidae	4	3	2	1	10
Bostrichidae	247	112	56	7	422
Chrysomelidae	4	18	7	7	36
Megalopodidae	0	0	0	1	1
Coccinellidae	2	0	0	19	21
Erotylidae	15	8	3	56	82
Monotomidae	1	10	7	74	92
Nitidulidae	80	88	23	131	322
Curculionidae	1	2	3	2	8
Elateridae	34	34	55	57	180
Histeridae	0	0	0	6	6
Hydrophilidae	0	7	3	1	11
Ceratocanthidae	200	175	50	140	565
Passalidae	0	0	0	11	11
Scarabaeidae	1	6	2	87	96
Leiodidae	20	22	4	1	47
Ptiliidae	16	251	6	66	339
Staphylinidae	469	815	836	2119	4239
Meloidae	0	3	0	43	46

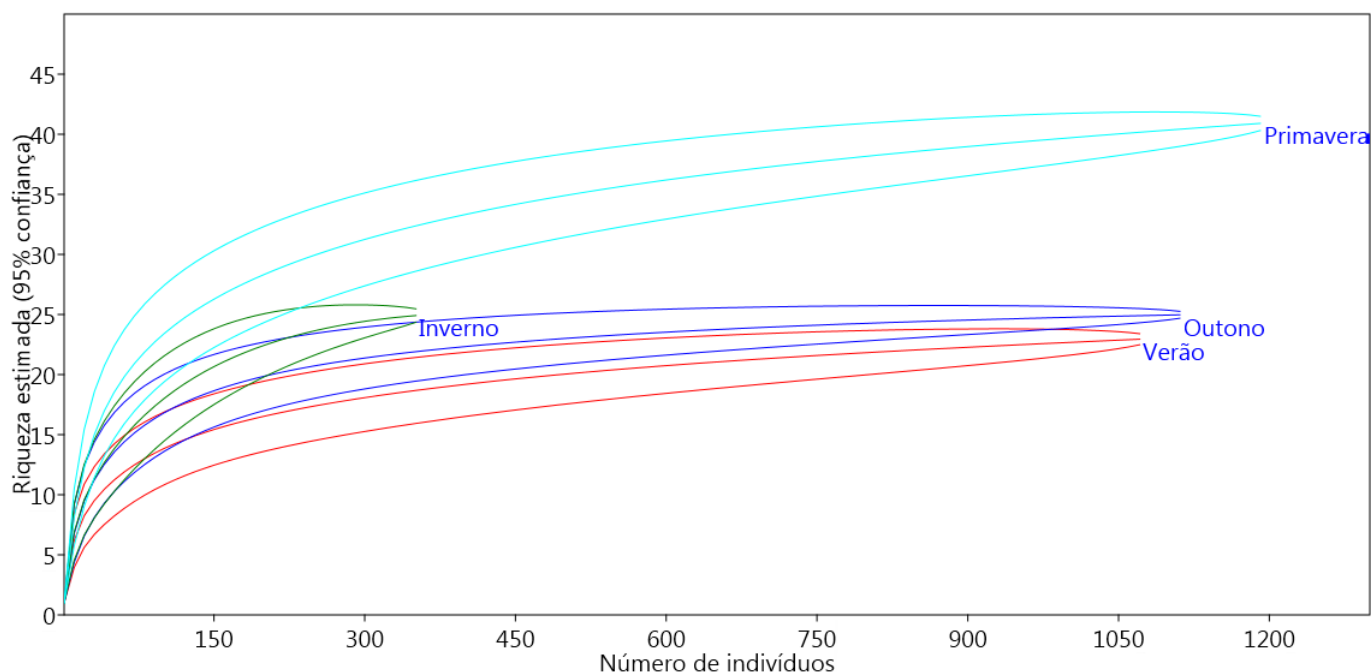
Taxa	Estação				Total
	Verão	Outono	Inverno	Primavera	
Tenebrionidae	0	0	2	4	6
COLLEMBOLA	6080	5178	2000	3415	16673
DERMAPTERA					
Forficulidae	3	1	0	0	4
HEMIPTERA					
Auchenorrhyncha	0	0	0	101	101
Cicadellidae	0	0	0	36	36
Delphacidae	8	17	2	4	31
Sternorrhyncha	0	0	0	26	26
Aphipoidea	0	0	0	1	1
Aphididae	19	0	47	0	66
Nabidae	7	3	0	1	11
Miridae	0	0	0	3	3
Schizopteridae	0	0	0	4	4
Gelastocoridae	1	0	0	20	21
Alydidae	0	0	0	2	2
Cydnidae	0	0	1	15	16
HYMENOPTERA					
Formicidae	781	363	164	1992	3300
ORTHOPTERA					
Acrididae	0	0	2	21	23
Romaleidae	0	0	1	25	26
Tetrigidae	0	15	0	6	21
Tridactylidae	141	62	48	135	386
Gryllidae	144	147	23	20	334
Gryllotalpidae	0	1	0	2	3
Phalangopsidae	3	19	2	10	34
Total	8416	7479	3365	8733	27993

Mundialmente os insetos que compõe o Subfilo Hexapoda compreendem aproximadamente 60% das espécies descritas, sua diversidade e capacidade de sobreviver em diferentes condições ambientais são muito importantes para a vida na Terra, principalmente se tratando da polinização das plantas, ciclagem de nutrientes no solo e hábitos alimentares que consiste na alimentação de fungos e matéria orgânica (CASARI; IDE, 2012). Conforme Pearson (1996) os organismos bioindicadores precisam ter taxonomia e ciclo de vida conhecidos, estimar população de forma facilitada, distribuição abrangente e serem sensíveis às mudanças antrópicas.

A forma em que o solo é manejado reflete na fauna edáfica, sendo a alta atividade e uso intensivo do solo os causadores de problemas como erosão e assoreamento, além do esgotamento de recursos hídricos (DEUS, 2012). Ademais, outros problemas também estão associados ao solo, como o uso de agrotóxicos que visam eliminar plantas e insetos indesejados no plantio (DEUS, 2012). Os nichos gerados pelo SAF atraem organismos que contribuem ainda mais com a ciclagem de nutrientes, compactando o solo e proporcionam assistência no crescimento de vegetais (RUIZ *et al.*, 2008). A umidade e a formação de serapilheira propiciam ambiente para uma pluralidade de seres que exercem diferentes funções no habitat (MOÇO *et al.*, 2005).

A curva do coletor construída pelo método de rarefação por indivíduos amostrados (Figura 5) demonstrou que as curvas de acumulação de espécies para todas as estações demonstram tendência à assíntota, o que significa dizer que, em todas as estações a comunidade de invertebrados edáficos foi bem amostrada no período compreendido entre janeiro e novembro de 2017.

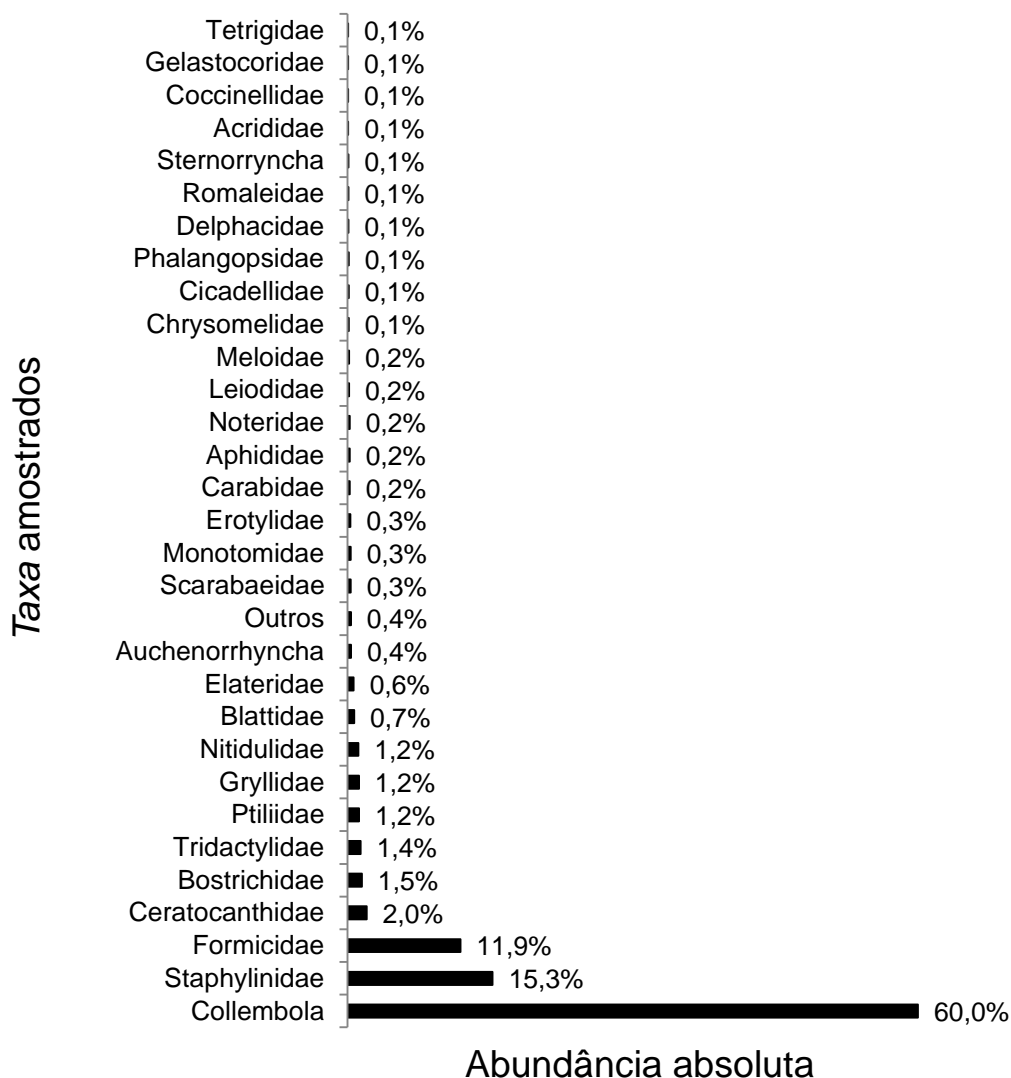
Figura 5 – Curva do coletor construída pelo método de rarefação para Famílias amostrados nas campanhas durante as quatro estações no cultivo agroflorestal. A linha central determina a riqueza de Famílias estimada e as linhas superiores e inferiores o desvio padrão.



Fonte: Do autor (2020)

Dentre os *taxa* capturadas neste trabalho, o destaque em abundância e riqueza vai para a Ordem Coleoptera com o total de 24 Famílias e 6.676 indivíduos, totalizando 22,5% das capturas durante o período de amostragens. Segundo Lawrence & Britton (1994) os coleópteros constituem a grande maioria dos insetos no mundo, com aproximadamente 350 mil espécies descritas, sendo o grupo com maior diversidade no reino animal. No Brasil estima-se o total de 28 mil espécies distribuídas em 105 Famílias (CASARI; IDE, 2012). Dentre os coleópteros edáficos existem Famílias que atuam no transporte de matéria orgânica a diferentes horizontes do solo, decomposição de matéria orgânica oriunda de folhas e animais mortos, tornam o solo aerado e são predadores de outros insetos (ALMEIDA; LOUZADA, 2009). Farias *et. al.* (2015) constataram que a presença dos coleópteros está ligada a umidade e quantidade de matéria orgânica e que são afetados pelo manejo e uso intenso do solo. São bioindicadores pelo fato de terem respostas rápidas as mudanças no microclima e seu estudo se faz necessário para compreender o quanto a perturbação antrópica afeta no ecossistema e na distribuição desses organismos (FAVERO; SOUZA; OLIVEIRA, 2011).

Figura 6 – Gráfico demonstrando a abundância relativa em porcentagem dos *taxa* amostrada no SAF na estação de Permacultura Moinhos de Luz, em Rio Fortuna. A categoria outros agrupou os *taxa* com menos de 20 indivíduos coletados



Fonte: do autor (2020)

A Ordem Collembola foi a mais abundante representando com 60% da amostra (Figura 6). Seguida dela, a Ordem Coleoptera foi a segunda mais abundante com 22,5%, sendo 15,3% pertencente à Família Staphylinidae e a Ordem Hymenoptera foi representada por Formicidae com 11,9% das amostras (Figura 6). A categoria outros agrupou os *taxa* com menos de 20 indivíduos coletados e contou com 0,4% das amostras.

A alta abundância da Família Staphylinidae está relacionada à sua dieta variada que é composta por fungos, folhas mortas, fezes de outros artrópodes e carniça, sendo contribuintes para a ciclagem de nutrientes (CASARI; IDE, 2012). Conforme Camero (2003) Álvarez-Duart e Cataño (2007) a presença deste táxon está relacionada à umidade, principalmente após as chuvas. São importantes bioindicadores que ocorrem em ecossistemas florestais, principalmente em áreas que sofrem com a ação humana (BUCHS, 2003). Segundo Marinoni e Ganho (2003), a abundância destes organismos ocorre em áreas com plantas arbustivas e com menos sombras. O presente estudo obteve resultados semelhantes ao de Leão (2018), em SAF contemplado pela Floresta Ombrófila Mista no bioma Mata Atlântica, no qual foi a família mais abundante, justamente pela dieta ampla e pela presença em diferentes nichos ecológicos do cultivo.

A Família Ceratocanthidae é também uma das mais abundantes, são encontrados em ninhos de outros coleópteros, de cupins e formigas, no qual buscam por fungos, também habitam e se alimentam em troncos de madeira em estado de decomposição, adultos desta família são capazes de contrair a cabeça, pronoto e pernas quando ameaçados por predadores (CARLSON, 1991). Com hábitos e abundância semelhantes, foi encontrada a Família Bostrichidae, são xilófagos que após a postura de ovos tendem a morrer e se concentram nas entradas dos túneis que vivem a fim de bloquear a entrada de outros organismos (CASARI; IDE, 2012). Sua descrição no Brasil é escassa, os materiais encontrados apenas citam seus hábitos e sua distribuição, então dificilmente se trata de um bioindicador potencial.

Nitidulidae é uma Família de besouros saprófagos e micetófagos, podem ser observados em associação com fungos fermentadores, em cascas de árvores e entre matéria orgânica oriunda de plantas, há algumas espécies que predam folhas, flores e frutos saudáveis e outras que se alimentam de animais em decomposição (CASARI; IDE, 2012).

A Ordem Orthoptera contempla os grilos, gafanhotos, pacas e esperanças, teve alta abundância no estudo, principalmente com a família Tridactylidae, que são organismos que possuem pares de pernas para salto e escavação, encontrados em abundância nos solos úmidos (SPERBER *et al.* 2007). Vivem em pequenos túneis e se alimentam de detritos orgânicos, principalmente de

algas e plantas (PICKER *et al.* 2004). Os estudos acerca dos Tridactylidae são escassos devido ao seu tamanho pequeno e a ausência de especialistas, A Família Gryllidae é a dos populares grilos, indivíduos terrícolas que se alimentam de frutos, folhas e alguns insetos mortos (HUBER *et al.* 1996). Existem muitas espécies crípticas, para distinção correta é preciso o estudo da acústica e da veia estridulatória que é responsável pelo som emitido por eles para ter identificação correta (PICKER *et al.* 2004). Porém, segundo Walker (1964) mesmo com a utilização da bioacústica, existem variâncias sonoras intraespecíficas. Novamente o Brasil carece de identificação destes indivíduos devido ao número de estudos e especialistas.

Entre os invertebrados com mais abundância, encontra-se a Ordem Collembola. Os indivíduos têm importante papel na qualidade do solo na agricultura, sendo essenciais na ciclagem de nutrientes, seus dejetos auxiliam a estrutura do solo, o tornando mais fértil, características essas que tornam os colêmbolos como bons bioindicadores (OLIVEIRA 1993; CASSAGNE *et al.*, 2003). Entre seus hábitos alimentares está a matéria orgânica oriunda da poda da vegetação e os fungos que tem sua proliferação impedida, provendo o crescimento das micorrizas (HOPKIN, 1997). A sensibilidade às mudanças ambientais é conferida quando comparado ambiente com maior e menor ação antrópica, sendo mais abundante em ambientes naturais com poucos distúrbios (SOUTO *et al.* 2008). Podem metabolizar quantias moderadas de pesticidas, contribuindo para despoluição de áreas degradadas e até mesmo podem viver em ambientes sem predadores devido à resistência a substâncias químicas e metais pesados (ZEPPELINI, 2012). Em estudo realizado por Baretta *et al.* (2003), os resultados obtidos foram semelhantes, com a Ordem Collembola em maior abundância. Em estudo realizado por Rocha (2013) na Caatinga, foi observado que a abundância dos colêmbolos está altamente relacionada com a umidade, principalmente de origem pluvial e a menor abundância se dá nos períodos secos e em locais com menos biomassa. O ambiente de estudo possui as características que fazem com que esse grupo seja abundante, pois é rico em nutrientes orgânicos, o solo é úmido e sofre poucas pressões antrópicas,

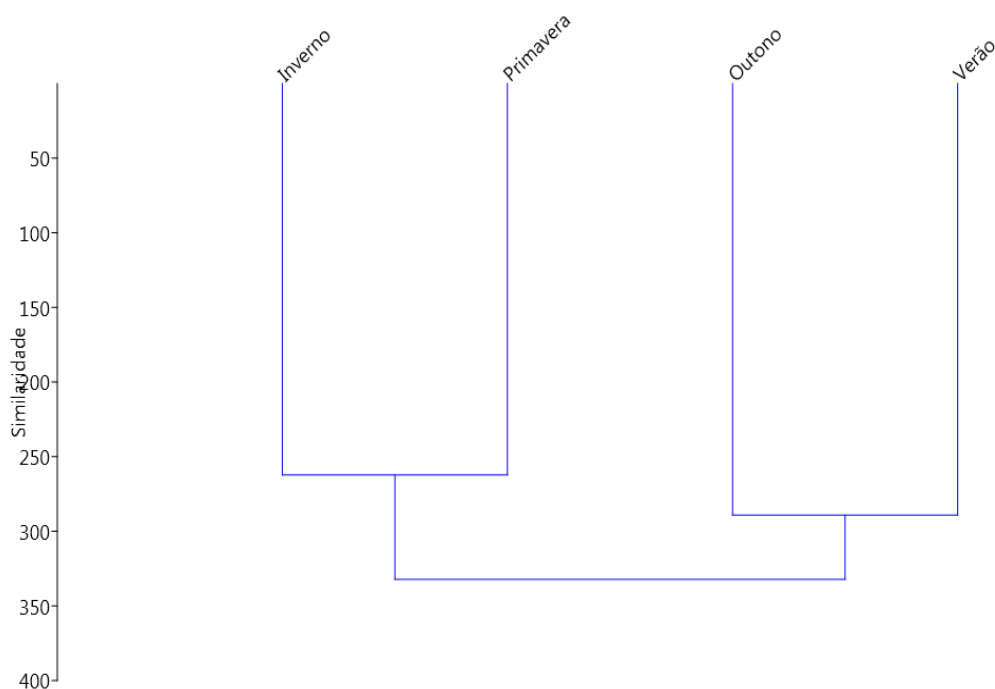
Entre os insetos mais sucedidos estão as formigas, membros da família Formicidae que são altamente estruturados e formam colônias, são insetos

eussociais que constroem ninhos em troncos, no solo e em plantas, seus hábitos alimentares são variados, contempla espécies de predadores, saprófagos e micófagos (MELO *et al.* 2012). De acordo com Rafael *et. al.* (2012), a utilização de *pitfalls* é o melhor meio de coleta de formigas, isso pode explicar sua abundância. Conforme Azevedo *et. al.* (2011), a atividade é reduzida em períodos de chuva e em dias secos tendem a aparecer em maior quantidade e salienta a importância destes indivíduos para a ciclagem de nutrientes no solo, visto que ocupam vários estratos do substrato, no entanto, algumas espécies cortadeiras podem interferir na produção, visto que cortam as folhas e as carregam até seus ninhos. Em pesquisa realizada por Costa (2013), a abundância de Formicidae foi alta, principalmente após implantação do SAF na área de estudo em Sergipe, demonstrando ainda que durante períodos chuvosos houve menor presença e o método das armadilhas de solo é eficaz para coleta de formigas.

O manejo do SAF gera nichos para os grupos citados acima e contempla diversos insetos com hábitos diferentes, tendo a presença de saprófagos, fitófagos, xilófagos, micófagos, predadores e detritívoros que contribuem para o controle biológico, mantém os níveis tróficos estabilizados e encontram no SAF as condições ideais para se estabelecer e favorecer o ambiente, principalmente o solo e por isso a abundância desses organismos é evidenciada, além da importância como bioindicadores de boa qualidade do solo. Segundo Liiri *et. al.* (2012) as modificações provocadas pelo forte uso da terra como desmatamento de ambiente natural para transformação de áreas de produção, gera desequilíbrio desproporcional nos *taxa*, as mudanças afetam a sensível fauna edáfica e, por consequência, a estruturação do solo.

A variação temporal de indivíduos foi medida através do teste ANOVA, com significância durante a primavera, as outras estações não tiveram diferença significativa entre elas, sendo ($F = 4,611$ $df = 81,76$ e $p = 0,00496$). Conforme índice de Dunn, os indivíduos e *taxa* amostrados por estação, demonstram que a primavera se difere das outras estações, no qual na primavera foram amostrados 44 *taxa* e 8.733 indivíduos, verão 27 *taxa* e 8.416 indivíduos, outono 28 *taxa* e 7.479 indivíduos e inverno 28 *taxa* e 3.365 indivíduos.

Figura 7 – Dendograma indicando a similaridade entre inverno e primavera e entre outono e verão no SAF.



Fonte: do autor (2020).

Construído através do índice de Bray-Curtis para demonstrar similaridade na abundância de *taxa* entre as estações, o dendrograma indica similaridade entre inverno e primavera que compartilharam 27 *taxa* entre si, enquanto verão e outono compartilharam 23 *taxa*. A abrangência da área de cultivo, a variedade de espécies de plantas em consórcio e seu manejo contribuem para a abundância, já que criam condições ideais para que os artrópodes se estabeleçam, a poda da vegetação e a deposição de matéria orgânica no solo faz com que a presença de detritívoros seja alta e suas populações sejam reguladas através dos predadores, então o ciclo se mantém balanceado. Outro fator que contribui para a abundância é o clima, algumas espécies tendem a se abrigar da chuva e frio, enquanto que nos dias ensolarados a tendência é o aumento da atividade dos insetos.

5. CONCLUSÃO

Os *taxa* mais abundantes no presente estudos foram a Ordem Collembola e as Famílias Staphylinidae e Formicidae, estes organismos tem participação fundamental na decomposição da matéria orgânica, visto que podem habitar os diferentes horizontes do solo e são grandes contribuintes da ciclagem de nutrientes e da manutenção do solo.

A análise da distribuição de abundância demonstrou que a Ordem Collembola foi a mais abundante, representando 60% da amostra, seguido pela Família Staphylinidae com 15,3% e a Família Formicidae representou 11,9% das amostras.

A avaliação temporal demonstrou que a primavera se diferiu das demais estações com o registro de 44 *taxa*, enquanto que verão, outono e inverno tiveram 26, 28 e 28 *taxa* registrados, respectivamente. A similaridade entre as estações indicou que inverno e primavera são similares e compartilharam 27 *taxa* e outono e verão registraram 23 *taxa* em comum.

O estudo acerca dos sistemas agroflorestais se faz necessário para compreender a complexidade e o papel dos organismos presentes e quanto o impacto das mudanças climáticas altera a composição da entomofauna. O baixo número de especialistas e pesquisas na área está entre os maiores desafios para tal compreensão.

6. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, S. S. P.; LOUZADA, J. N. C. **Community structure of Scarabaeinae (Scarabaeidae: Coleoptera) in Brazilian savannah phytophysiognomies and its importance for conservation.** Neotropical Entomology. v. 38, n. 1, p. 32- 43, 2009.
- ÁLVAREZ-DUARTE, A.; J. I. CATANHO. Estudio comparativo del ensamblaje de coleópteros em diferentes áreas de la Cantera Soratama, localidad de Usaquén, Bogotá. **Universitas Scientiarum 12:** p. 47-56, 2007.
- ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. **Tropical Soil Biology Fertility: A Handbook of Methods.** CAB International. Wallingford, UK. 1993.
- ALVARES, A. C.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 1, p. 711-728, 2013.
- AZEVEDO, Francisco Roberto de *et al* . Composição da entomofauna da Floresta Nacional do Araripe em diferentes vegetações e estações do ano. **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 6, p. 740-748, dez. 2011.
- BACHA, Carlos José Caetano; ALVES, Lucilio Rogerio Aparecido (Org.). **Panorama da Agricultura Brasileira:** estrutura de mercado, comercialização, formação de preços, custos de produção e sistemas produtivos. Campinas: Alínea, 2018.
- BARETTA, Dilmar *et al*. Análise multivariada da fauna edáfica em diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 11, p. 1675-1679, nov. 2006.

BLOEMER, Tuane. **Composição Da Fauna De Invertebrados Terrestres Em Cultivo Agroflorestal No Sul De Santa Catarina, Sul Do Brasil**. 2018. Dissertação (Ciências Biológicas) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2018.

BUCHS, W. Biodiversity and agri-environmental indicators-general scopes and skills with special reference to the habitat level. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. p. 35-78, 2003.

CAMERO, R. E. Caracterización de la fauna de carábidos (Coleoptera: Carabidae) en um perfil altitudinal de la Sierra Nevada de Santa Nevada, Colômbia. **Revista de la Academia Colombiana de Ciencias** 27: p. 491-516, 2003.

CARLSON, D.C. *et al.* Coleoptera. In: RAFAEL, José Albertino *et al.* **Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia**. Ribeirão Preto: Holos, 2012. p.453-535.

CASARI, Sônia A.; IDE, Sergio. Coleoptera. In: RAFAEL, José Albertino *et al.* **Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia**. Ribeirão Preto: Holos, 2012. p.453-535.

CORREIA, M. E. F; PINHEIRO, L. B. A. Monitoramento da fauna de solo sob diferentes coberturas vegetais em um sistema integrado de produção Agrícola, Seropédica (RJ). Seropédica: **EMBRAPA Agrobiologia**, 15 p, 1999.

COSTA, Ângela Cecília Freire Costa. **Entomofauna Associada à Fase de Implantação de Sistemas Agroflorestais Utilizando Modelo Nelder**. 2013. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2013.

DANTAS, J. O. *et al.* **Levantamento da entomofauna associada em sistema agroflorestal**. 2016.

DEUS, Rafael; BAKONYI, Sonia. O impacto da agricultura sobre o meio ambiente. **REGET: Revista Eletrônica Em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**. 7. p.1306-1315, 2012.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Manual de métodos de análises de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.

EMBRAPA. **Trajetória da Agricultura Brasileira**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/visao/trajetoria-da-agricultura-brasileira>>. Acesso em: 26 nov. 2020.

FARIAS, P. M. de; ARELLANO, L.; HERNÁNDEZ, M. I. M.; ORTIZ, S. L. Response of the copro-necrophagous beetle (Coleoptera: Scarabaeinae) assemblage to a range of soil characteristics and livestock management in a tropical landscape. **Journal of Insect Conservation**. v. 19, p. 947–960, 2015.

FREITAS, Mônica Paul. **Flutuação Populacional de Oligochaeta Edáficos em Hortas Sob Sistemas Convencional e Orgânico no Município de Canoinhas/SC**. 2007. 72f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pósgraduação em Agronomia, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

GUARESCHI, Amanda; CALEGÁRI, Andréia. **Modernização da Agricultura: Impactos na Agricultura Familiar Gaúcha**. UPF – Universidade de Passo Fundo, jul. 2014.

HOPKIN, Stephen P. **Biology of the Springtails (Insecta: Collembola)**. 1997.

IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2. ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2012. 271 p.

LAVELLE, P.; BLANCHART, E.; MARTIN, A.; SPAIN, A. V.; MARTIN, S. Impact of soil fauna on the properties of soils in the humid tropics. Madison: **Soil Science Society of America**, n. 29, p. 157-185, 1992.

LEÃO, Amanda Farias. **Diversidade de Coleópteros em Sistemas Florestais no Município de Curitiba, SC**. 2018. Dissertação (Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Catarina, Curitiba, 2018.

LIIRI, M. *et al.* History of landuse intensity can modify the relationship between functional complexity of the soil fauna and soil ecosystem services – A microcosm study. **Applied Soil Ecology**, p. 55: 53– 61, 2012.

LÓPEZ, R. **A note on the environmental effects of agricultural expansion:** theoretical note. ROA Publication, Rome, v. 2, n. 3, p. 77-92, 2002.

MARINONI, R. C.; GANHO, N. G. Fauna de Coleoptera no Parque Estadual de Vila Velha, Ponta Grossa, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.20, n.4, p. 737-744, 2003.

MELO, G. A. R. *et al.* Hymenoptera. In: RAFAEL, José Albertino *et al.* **Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia**. Ribeirão Preto: Holos, 2012. p.554-612.

MOÇO, Maria Kellen da S. *et al.* Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região Norte Fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 4, p.555-564, 2005.

OLIVEIRA, L.C.M. Fauna de solo: Aspectos gerais e metodológicos. Seropédica: **Embrapa Agrobiologia**. 2000.

PEARSON, D.L. **Selecting indicator taxa for the quantitative assessment of biodiversity**. In: HAWKSWORTH, D.L., ed. Biodiversity measurement and estimation. London: Chapman & Hall, 1996. p.75-79, 1996.

POMPEO, P. *et al.* Fauna e sua relação com atributos edáficos em Lages, Santa Catarina - Brasil. **Scientia Agraria**. 2016.

RAFAEL, José Albertino *et al* (Ed.). **Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia**. Ribeirão Preto: Holos, 2012. 796 p.

RIO FORTUNA – Prefeitura Municipal de Rio Fortuna (SC). **Apresentação**. Rio Fortuna: Rio Fortuna, 2014. Disponível em: <<http://www.riofortuna.sc.gov.br/municipio/index/codMapaltem/16185>>. Acesso em: 10 nov. 2020.

ROCHA, I. M. S. **Colêmbolos (Arthropoda:Hexapoda:Collembola) Numa Área de Caatinga do Nordeste Brasileiro**. 2013. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

SILVA, A. D. *et al.* **Levantamento da entomofauna edáfica associada à Mata Ripária e Sistema Agroflorestal, no estado do Acre**. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA**, nº 25, 2014. Goiânia. Resumos. Goiânia: EMBRAPA Acre.

SPERBER, C.F *et al.* Orthoptera. In: RAFAEL, José Albertino *et al.* **Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia**. Ribeirão Preto: Holos, 2012. p.271-288.

STEENBOCK, W. *et al.* **Agrofloresta, Ecologia e Sociedade**. Curitiba: Kairós Edições, 2004.

TRIPLEHORN, C. A.; JOHNSON, N. F. **Estudo dos Insetos**: Tradução da 7ª edição de Borror and DeLong's introduction to the study of insects. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2016. 761 p.

WALKER, T. J. **Factors responsible for intraspecific variation in the calling songs of crickets**. *Evolution*, v. 16, p. 407–428. 1962.

ZEPPELINI, Douglas. Collembola. In: RAFAEL, José Albertino *et al.* **Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia**. Ribeirão Preto: Holos, 2012. p. 201-212.